



ANALISIS CIRI-CIRI LUAHAN SUNGAI CHINI DAN SUNGAI PAYA MERAPUH TASIK CHINI, PAHANG BAGI WAKTU NORMAL, WAKTU BASAH DAN SELEPAS BANJIR

(Analysis of Streamflow Characteristic in Normal, Wet and Post Flood Period of Sungai Chini and Sg Paya Merapuh, Tasik Chini, Pahang)

Nor Rohaizah Jamil, Mohd Ekhwan Toriman, Mushrifah Idris & Ng Lee How

ABSTRAK

Pengukuran ciri-ciri luahan sungai pada waktu normal, waktu basah dan waktu selepas banjir telah dijalankan di Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh, Tasik Chini, Pahang. Persampelan telah dijalankan sebanyak lima kali dalam masa lima bulan berturutan, iaitu bermula pada bulan September 2007 sehingga Januari 2008. Eksesais fizikal melibatkan pengukuran ciri-ciri fisiografik sungai seperti pengukuran keratan rentas, kedalaman dan halaju arus sungai diukur bagi dua waktu dalam musim normal dan musim basah. Bagi tujuan keselamatan, persampelan tidak dijalankan semasa banjir berlaku pada bulan Disember 2007, namun penganggaran luahan banjir dilakukan dengan menggunakan rumus Manning bagi kedua-dua sungai kajian. Kedalaman hujan diukur menggunakan tolok hujan HOBOProware dengan bacaan tertinggi direkodkan dalam bulan Disember 2007 iaitu bacaan kumulatif sebanyak 844.4 mm. Aras air di Sungai Chini diperolehi daripada stesen luahan sungai di Kuala Sungai Chini manakala persampelan dan pengukuran *in situ* bagi mendapatkan data hidraulik Sungai Paya Merapuh dilakukan secara manual setiap kali persampelan mengikut musim dijalankan.. Berdasarkan ujian kolerasi yang dijalankan, kadar alir sungai adalah dipengaruhi oleh kedalaman sungai dan taburan hujan dengan signifikan dengan bacaan $3.32 \times 10^8 \pm 2.86 \times 10^6$ L/hari air (selepas banjir), sebanyak $2.13 \times 10^8 \pm 1.01 \times 10^7$ L/hari air (waktu biasa), dan $3.10 \times 10^8 \pm 5.04 \times 10^6$ L/hari (waktu hujan) bagi Sg Chini, manakala bagi Sg Paya Merapuh adalah $9.96 \times 10^6 \pm 2.17 \times 10^5$ L/hari (selepas banjir), $1.29 \times 10^7 \pm 1.12 \times 10^6$ L/hari (waktu biasa) dan $1.60 \times 10^8 \pm 1.64 \times 10^7$ L/hari (waktu hujan), dan Kajian ini memberikan maklumat awalan yang penting tentang adaptasi dan keupayaan maksimum Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh terhadap kejadian banjir.

Kata kunci : Ciri luahan sungai, Sungai Chini, Sungai Paya Merapuh, musim normal, kering dan selepas banjir, adaptasi sungai semasa banjir

ABSTRACT

Measurement of river discharge in the normal, wet and post- flood period was conducted at Sungai Chini and Sungai Paya Merapuh, Tasik Chini, Pahang. Sampling was carried out in five consecutive months, starting in September 2007 until January 2008. The physical exercise and physiographic river survey activities involves the measurement of physical characteristics such as measurement cross section of the river, the river depth and flow velocity were measured for normal and wet period. For safety reasons, the sampling was not carried out during the floods occurred in December 2007, but the estimation of flood discharge was performed by using the Manning formula for both studied river. Rainfall depth was measured using a rain gauge with Hobo Proware and the highest reading recorded in December 2007 gave the cumulative reading of 844.4 mm. The record of water level at Sungai Chini obtained from the hydrological station at Kuala Sungai Chini while sampling and *in situ* measurements in order to obtain the hydraulic data of Sungai Paya Merapuh was done manually in each studied period of time. Based on the correlation tests performed, the river flow is influenced by the depth of the river and rainfall readings significantly with result of $3.32 \times 10^8 \pm$

2.86 x 10⁶ L / day of water (post-flood), a total of 2.13 x 10⁸ ± 1.01 X 10⁷ L / day of water (normal period), and 3.10 ± 5.04 x 10⁸ x 10⁶ L / day (raining period) for Sungai Chini. As for Sungai Paya Merapuh, the flow analyzed in each period of time gave following result of 9.96 ± 2.17 x 10⁶ x 10⁵ L / day (post,flood). 1.29 ± 1.12 x 10⁷ x 10⁶ L / day (normal period), and ± 1.60 x 10⁸ 1.64 x 10⁷ L / day (raining period). This study provides important preliminary information about the adaptation and the maximum capacity of Sungai Chini and Sungai Paya Merapuh during natural extreme condition.

Keywords: Stream flow characteristics, Sungai Chini, Sungai Paya Merapuh, normal and dry season, after flood, adaptation of the river during flood.

PENGENALAN

Kualiti sungai dapat dijamin jika dikawal dengan baik, manakala kualiti sungai ini mudah terjejas luar daripada kawalan jika berlaku aliran ekstrem seperti banjir atau kemarau. Oleh itu, ciri luahan sungai adalah penting bergantung kepada sumber air, sama ada dari segi geomorfologi, hidraulik, kawalan banjir, pelayaran, penstabilan atau perkembangan sumber air untuk majlis perbandaran dan industri (Simons 1969). Kejuruteraan hidrologi selalu memberikan perhatian terutamanya kepada banjir dan kemarau kerana ia amat penting dari segi ekonomi. Pengawalan banjir dan kemarau juga penting dari segi ekologi kerana ia menjejaskan populasi dan taburan organisma akuatik. Ahli hidrologi lebih memberikan perhatian dalam anggaran kebarangkalian dan magnitud kejadian banjir. Banjir menjejaskan ekologi sebuah sungai dengan memusnahkan habitat dalam dasar sungai, menghapuskan tumbuhan akuatik dan riparian., meningkatkan kelajuan penghanyutan serangga akuatik dalam sungai tersebut (Gordon et al. 2004). Pemodelan dataran banjir melibatkan dua aspek: hidrologi dan hidraulik. Analisis hidrologi menentukan aliran banjir puncak dan analisis hidraulik menentukan aras permukaan air. Maklumat air larian permukaan daripada model hidrologi boleh digabungkan dengan maklumat keratan rentas saluran di dalam model hidraulik untuk menentukan kedalaman banjir (Chow et al. 1988).

Data-data mengenai aliran sungai biasanya terdiri daripada aras air yang direkod dan penyukatan luahan sungai pada tempoh masa yang tertentu. Kebanyakan sungai juga mempunyai satu hubungan unik di antara aras air sungai dan pengaliran sungai pada lokasi yang tertentu. Hubungan itu dipanggil lengkung kadaran luahan (discharge rating curve). Terdapat tiga langkah yang asas untuk memperolehi data-data mengenai aliran sungai iaitu pengukuran aras air; pengiraan luahan sungai; mendefinisi tentang hubungan antara aras air dan luahan sungai (Bruce and Clark 1966). Ahli hidrologi memberi tumpuan kepada kadar aliran atau ciri luahan sebatang sungai dalam unit meter padu per saat (m³ s⁻¹). Dalam pengajian aliran saluran terbuka, keratan rentas saluran yang rumit bersedia untuk ditentukan, halaju air dalam meter per saat (ms⁻¹) juga merupakan ciri utama yang penting. Variasi kedua-dua halaju pada ruang dan masa akan memberikan asas untuk mengklasifikasi piawaian aliran (Shaw 1988).

Menggunakan persamaan Manning, kenaikan aras air dan kadar aliran dalam saluran pada setiap keratan rentas dapat dianggarkan. Apabila aras air dalam saluran melebihi aras tebing saluran, air akan melimpah ke kawasan bersebelahan, menyebabkan banjir berlaku. Berdasarkan pengiraan ciri fizikal keratan rentas sungai yang diukur berdasarkan ketinggian dari aras laut, aras ketinggian banjir boleh dikira menggunakan rumus Manning (Chow et al 1988).

Profil panjang sungai ialah keratan memanjang lurah sungai dari bahagian hulu ke bahagian muaranya. Secara amnya, sungai terdiri daripada tiga bahagian, iaitu bahagian hulu, tengah dan hilir. Sungai merupakan ekosistem lotik iaitu ekosistem berarus yang mempunyai kedalaman yang berubah-ubah (Chiras 2001). Bagi mendapatkan nilai kedalaman sungai pula, nilai purata perlulah diambil dengan mengukur kedalaman menegak mengikut keratan rentas. Sungai

mempunyai ciri pergerakan satu arah dan mempunyai variasi isipadu air yang bermusim. Pergerakan satu arah menyebabkan tebing dan dasar sungai tidak stabil dan terdedah kepada hakisan. Fenomena ini adalah berkait rapat dengan kekerapan dan intensiti hujan pada masa-masa tertentu di kawasan itu (Wan Ruslan Ismail 1994).

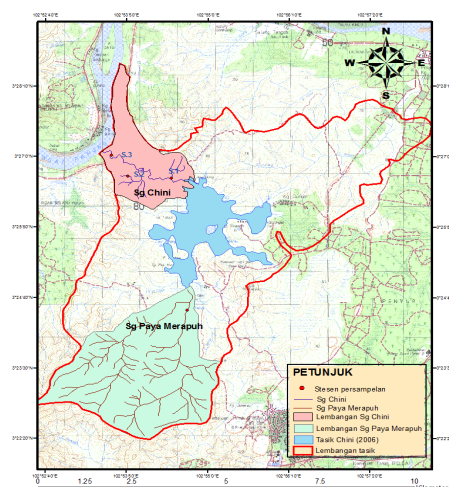
OBJEKTIF

Kajian ini mempunyai dua objektif utama. Objektif pertama kajian ini adalah untuk mengenalpasti tren luahan sungai di Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh. Objektif kedua adalah untuk menentukan adaptasi Sungai Chini terhadap kejadian banjir mengikut magnitud dan kekerapan luahan mengikut musim.

METODOLOGI

Lokasi persampelan kajian ini ialah di Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh. Air Sungai Chini adalah dibekal dari Tasik Chini, dan mengalir ke dalam Sungai Pahang. Panjang Sungai Chini adalah 4.8 km. Sungai ini adalah memainkan peranan untuk mengekalkan kedalaman tasik semasa musim kemarau. Bagaimanapun, ini telah mengganggu ekologi semulajadi tasik dan menyebabkan kematian pokok-pokok di tepi tebingnya disebabkan oleh paras air yang terlalu tinggi. Ada tujuh sungai pembekal yang memainkan peranan untuk mengekalkan aras air Tasik Chini. Salah satu sungai pembekal adalah Sungai Paya Merapuh. Sungai Paya Merapuh merupakan sungai pembekal yang terpanjang di Tasik Chini. Panjang Sungai Merapuh adalah 5.5 km. Tiga stesen persampelan telah dipilih di sepanjang Sungai Chini dan dua stesen di Sungai Paya Merapuh (Rajah 1). Kedudukan stesen persampelan telah dikenalpasti menggunakan alat Digital Global Positioning System (DGPS) di mana persampelan telah dijalankan pada musim biasa dan musim hujan.

Menurut Jabatan Meteorologi Malaysia, cuaca di Malaysia dicirikan oleh dua rejim monsun iaitu Monsun Barat Daya dari akhir bulan Mei ke September, dan Monsun Timur Laut dari bulan November ke Mac. Monsun Timur Laut membawa hujan lebat terutamanya kepada negeri-negeri di pantai timur Semenanjung Malaysia dan barat Sarawak, manakala Monsun Barat Daya secara relatifnya adalah lebih kering. Tempoh peralihan antara dua monsun ini dikenali sebagai musim perantaraan monsun iaitu musim biasa.



Rajah 1: Peta menunjukkan lokasi Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh, Tasik Chini, Pahang.

Jadual 1: Kedudukan stesen persampelan

Stesen	Garis Lintang	Garis Bujur
Stesen 1 (hulu Sungai Chini)	03°26'59.5''T	102°53'40.8''U
Stesen 2 (tengah Sungai Chini)	03°26'39.9''T	102°53'55.1''U
Stesen 3 (hilir Sungai Chini)	03°26'36.4''T	102°54'31.9''U
Stesen 4 (Sungai Paya Merapuh)	03°24'25.5''T	102°43'25.8''U
Stesen 5 (Sungai Paya Merapuh)	03°24'25.5''T	102°43'25.8''U

a) Analisis di lapangan

Analisis dan ekseseis fizikal yang dilakukan di lapangan melibatkan pengukuran lebar sungai(b), kedalaman menegak sungai (d), pengukuran halaju (v) di mana kedalaman keratan itu melebihi 1m, halaju akan diukur pada 2 titik, iaitu terletak pada 0.2 dan 0.8 dari kedalaman ke permukaan(0.2d,0.8d) serta pengukuran kecerunan tebing saliran (S) menggunakan alat aras Abney.

b) Pengiraan hidrografik

Pengiraan luas (A):

Luas bagi setiap keratan(seksyen) diperolehi secara mempuratakan kedalaman e.g d4 & d5 (Rajah 3.2) dicerap pada sempadan tegak dan didarab dengan jarak di antara sempadan tegak.

$$A = b \times d \quad \dots\dots\dots[1]$$

A = luas keratan rentas (m²)

b = jarak di antara sempadan tegak (m)

d = kedalaman air (m)

c) Penyukatan luahan sungai (Q)

Jika luas keratan rentas (A) dan halaju purata (v) diketahui, luahan (Q) boleh dikira dari $Q=vA$. Oleh kerana kedalaman air dan halaju aliran tidak seragam bagi keseluruhan keratan rentas. Pengukuran luahan yang tepat diperolehi dengan membahagikan keratan rentas kepada beberapa siri sub-kawasan dipanggil seksyen. Setiap seksyen dibatasi oleh air permukaan, dasar sungai dan 2 garis menegak, dipanggil vertikal (Rajah 3.2). Setiap vertikal adalah dimensi yang biasa bagi 2 seksyen yang bersambungan dan kedalaman air dan halaju arus ditetapkan untuk pemerhatian dibuat. Pemerhatian halaju yang mencukupi dibuat untuk memperolehi halaju purata pada setiap sempadan menegak (Rajah 2). Maka halaju purata seksyen tersebut ialah:

$$V = (v_{0.2d} \times v_{0.8d})/2 \text{ atau } v_{0.6d} \quad \dots\dots\dots [2]$$

Hasil daripada halaju purata dan luas bagi setiap keratan memberikan luahan keratan.

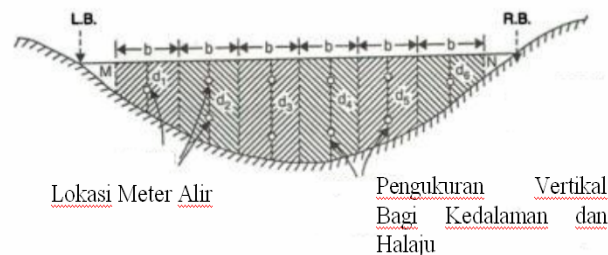
$$Q = (bd)(v_{0.2d} \times v_{0.8d})/2 \quad \dots\dots\dots [3]$$

$$\text{Atau } Q = (bd)(v_{0.6d})$$

Dan jumlah kesemua luahan keratan memberikan luahan jumlah.

$$Q = (Q_{0,1}) + (Q_{1,2}) + (Q_{2,3}) \dots + (Q_{n,n+1}) \quad \dots\dots\dots [4]$$

Dimana n ialah nombor tegak.



Rajah 2: Teori Pengukuran Luahan

d) Anggaran kapasiti sungai

Persamaan Manning telah digunakan untuk menganggarkan kapasiti yang boleh ditakung oleh Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh.

$$Q = (1/n)AR^{2/3}S^{1/2} \text{ atau } v = (1/n)R^{2/3}S^{1/2} \quad \dots\dots\dots [5]$$

iaitu;

Q = kadar alir maksimum dalam sungai ($m^3 s^{-1}$)

v = halaju arus sungai ($m^2 s^{-1}$)

A = luas keratan rentas sungai (m^2)

R = jejari hidraulik (m), $R = (A/P)$

P = perimeter pada keliling basah (m)

S = kecerunan saliran

n = pekali koefisien Manning

e) Anggaran magnitud dan kekerapan ciri luahan

Terdapat beberapa kaedah untuk mengangarkan magnitud dan kekerapan ciri luahan. Dalam kajian ini, kaedah yang digunakan ialah kaedah statistik atau kebarangkalian (Wisler & Brater 1959). Kaedah ini merujuk kepada data-data yang direkod dan membuat ramalan terhadap kejadian banjir.

f) Analisis data

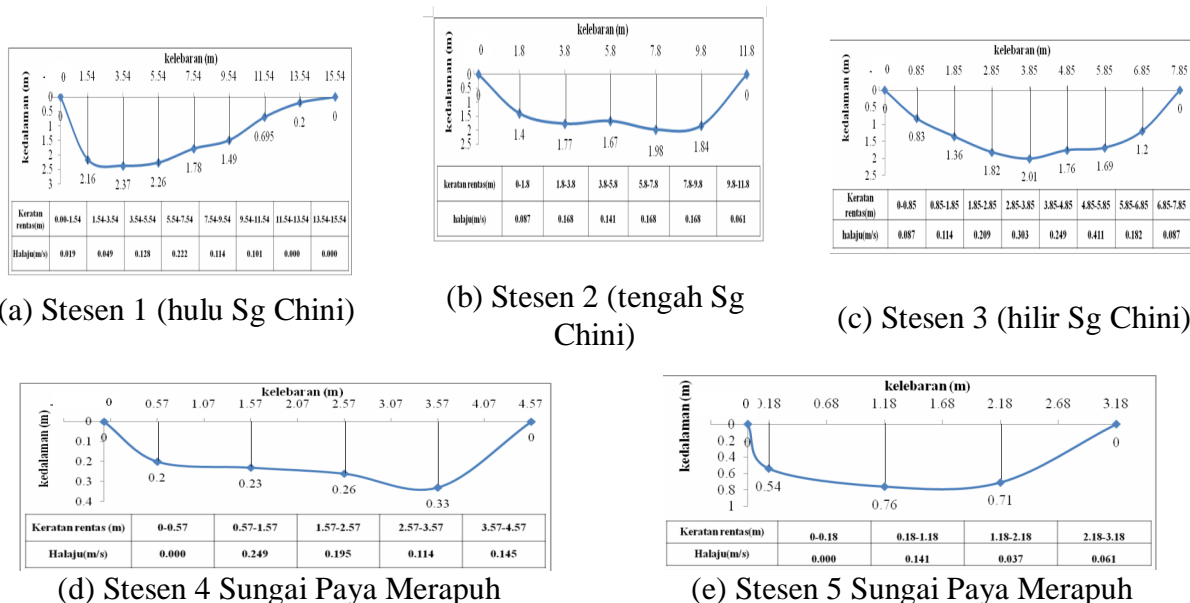
Data yang didapati hasil daripada analisis di lapangan dianalisa menggunakan perisian Microsoft Excel 2007 manakala data hujan dicerap dan dianalisis menggunakan perisian Hoboware. Analisis data ialah untuk memudahkan kerja-kerja interpretasi data dan melihat perkaitan antara sesuatu peratemer yang dikaji.

HASIL ANALISIS DI LAPANGAN

Semasa persampelan, beberapa unsur geometri telah dicerap dan diukur secara in-situ. Nilai purata kedalaman sungai, lebar sungai dan halaju arus digunakan untuk mendapatkan jumlah kadar alir. Nilai yang diperolehi adalah berubah-ubah pada setiap masa persampelan. Fenomena ini adalah disebabkan oleh faktor-faktor iklim, vegetasi dalam sungai, struktur tanah dan batuan serta morfometri lembangan dan geometri hidraulik sungai serta hakisan air dan pemendapan (Zachar 1982).

a) Hasil pengukuran hidrografik pada musim biasa

Dalam kajian ini, terdapat tiga stesen persampelan dilakukan di Sungai Chini iaitu di hulu sungai, tengah dan hilir sungai, serta dua stesen persampelan di Sungai Paya Merapuh. Keratan rentas Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh pada musim biasa telah ditunjukkan dalam Rajah 3(a),(b),(c),(d) dan (e) masing-masing. Nilai kedalaman dan kelebaran Sungai Chini adalah lebih tinggi jika berbanding dengan Sungai Paya Merapuh. Berdasarkan Rajah 3 (a), stesen 1 adalah terletak di hulu Sungai Chini. Air tasik mengalir ke Sungai Chini melalui stesen ini. Stesen di hulu sungai mempunyai purata kedalaman 1.57 ± 0.83 meter dan lebar 15.54 meter. Purata halaju arus pula adalah $0.079 \pm 0.077 \text{ ms}^{-1}$. Bahagian kanan bagi keratan rentas stesen ini, didapati langsung tiada pengaliran air. Tumbuhan riparian yang bertindak sebagai satu kekasaran permukaan yang boleh mengurangkan kapasiti dan melambatkan aliran sungai (Viessman et al 1977).



Rajah 3: Keratan rentas sungai pada musim biasa mengikut stesen.

Stesen 2 pula mewakili segmen tengah Sungai Chini. Segmen tengah sungai ini adalah lebih sempit berbanding bahagian hulu sungai. Halaju arusnya juga adalah lebih tinggi iaitu $0.13 \pm 0.047 \text{ ms}^{-1}$. Stesen ini mempunyai purata kedalaman 1.73 ± 0.22 meter dan lebar 11.80 meter. Stesen 3 pula merujuk kepada hilir Sungai Chini. Air sungai mengalir ke Sungai Pahang melalui stesen ini. Purata kedalaman bagi stesen ini adalah 1.52 ± 0.41 meter dengan lebar yang sempit iaitu 7.85 meter. Hilir sungai ini mempunyai halaju yang paling tinggi pada sepanjang sungai iaitu

$0.21 \pm 0.11 \text{ ms}^{-1}$. Ini adalah kerana kelebaran Sungai Chini semakin sempit dari hulu sungai ke hilir sungai dan menyebabkan halaju yang tinggi.

Stesen 4 dan Stesen 5 pula merujuk kepada Sungai Paya Merapuh. Sungai Paya Merapuh merupakan sungai yang mempunyai cabang anak sungai. Nilai halaju yang diukur adalah berbeza pada setiap cabang anak sungai. Sungai ini merupakan sungai yang cetek, di mana stesen 4, ia hanya mempunyai purata kedalaman 0.26 ± 0.057 meter dengan lebarnya adalah 4.57 meter sahaja. Purata halaju arus bagi stesen 4 adalah $0.14 \pm 0.09 \text{ ms}^{-1}$. Stesen 5 pula menunjukkan purata kedalaman 0.67 ± 0.12 meter dengan lebar 3.18 meter dan purata halaju arus $0.06 \pm 0.06 \text{ ms}^{-1}$.

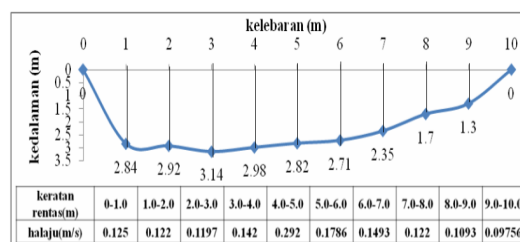
Jadual 2: Nilai purata halaju arus, kedalaman dan lebar sungai pada musim biasa

Stesen	Purata Kedalaman (m)	Purata Halaju Arus (m/s)	Lebar Sungai (m)
1	1.57 ± 0.83	0.08 ± 0.08	15.54
2	1.73 ± 0.22	0.13 ± 0.05	11.80
3	1.52 ± 0.41	0.21 ± 0.11	7.85
4	0.26 ± 0.06	0.14 ± 0.09	4.57
5	0.67 ± 0.12	0.06 ± 0.06	3.18

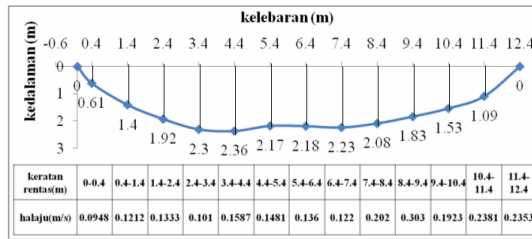
b) Hasil pengukuran hidrografik musim hujan

Pada musim hujan, jumlah taburan hujan yang tinggi telah menyebabkan nilai purata halaju arus dan kedalaman sungai meningkat berbanding musim biasa. Banjir telah berlaku di Sungai Paya Merapuh. Oleh itu, data bagi sungai tersebut tidak dapat dikumpulkan pada musim hujan, maka, pengiraan luahan bagi Sg Paya Merapuh adalah menggunakan kaedah pengiraan Manning. Pengukuran fizikal di Sungai Chini dapat dijalankan dan hasil ditunjukkan seperti dalam Rajah 4(a), (b) dan (c).

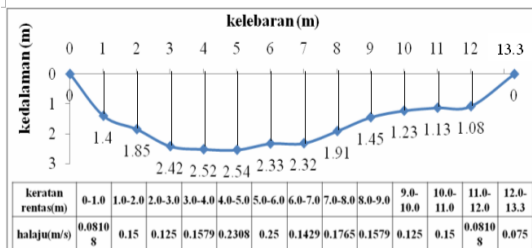
Jadual 3 menunjukkan nilai purata kedalaman, halaju arus dan lebar sungai dalam stesen 1, 2 dan 3. Dalam stesen 1, iaitu hulu Sungai Chini mempunyai kedalaman 2.53 ± 0.63 meter dan lebar 10 meter. Halaju arus stesen 1 adalah $0.15 \pm 0.06 \text{ ms}^{-1}$. Kenaikan aras air sungai telah menyebabkan lebih banyak air tasik melimpah masuk ke Sungai Chini.



(a) Stesen 1 (hulu Sg Chini)



(b) Stesen 2 (tengah Sg Chini)



(c) Stesen 3 (hilir Sg Chini)

Rajah 4: Keratan rentas Sungai Chini pada musim hujan mengikut stesen.

Jadual 3: Nilai purata halaju arus, kedalaman dan lebar sungai pada musim hujan

Stesen	Purata Kedalaman (m)	Purata Halaju Arus (m/s)	Lebar Sungai (m)
1	2.53±0.63	0.15±0.06	10.00
2	1.81±0.55	0.17±0.06	12.40
3	1.85±0.57	0.15±0.05	13.30

c) Hasil pengukuran hidrografik selepas banjir

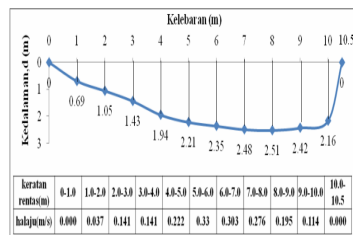
Bagi tujuan perbandingan, persampelan selepas banjir telah dilakukan. Selepas banjir, purata halaju arus sungai masih tinggi dan ini mungkin disebabkan oleh aras air Tasik Chini mulai surut kerana air tasik cenderung untuk mengalir ke Sungai Pahang dengan cepat. Keratan rentas sungai selepas banjir telah dilakarkan dan ditunjukkan dalam Rajah 5(a), (b), (c) (d) dan (e).

Jadual 4 menunjukkan data yang diperolehi selepas banjir pada setiap stesen. Stesen 1 mewakili hulu Sungai Chini. Selepas banjir, air Tasik Chini telah mengalir masuk ke Sungai Chini melalui stesen ini. hulu sungai ini mempunyai purata kedalaman 1.92 ± 0.65 meter dan lebar 10.50 meter. Purata halaju arus sungai adalah $0.16 \pm 0.12 \text{ ms}^{-1}$.

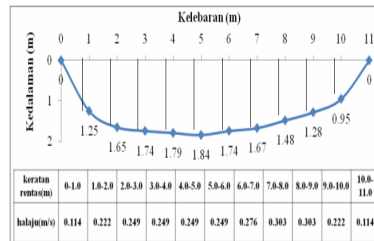
Stesen 2 merupakan tengah Sungai Chini. Purata halaju arusnya adalah lebih tinggi daripada stesen 1 iaitu $0.23 \pm 0.06 \text{ ms}^{-1}$. Tengah Sungai Chini mempunyai purata kedalaman 1.54 ± 0.29 meter dan lebar 11 meter. Stesen 3 yang mewakili hili Sungai Chini pula mempunyai purata kedalaman 1.60 ± 0.33 meter dan lebar 7.70 meter. Halaju arusnya adalah paling tinggi berbanding stesen lain di sepanjang sungai iaitu $0.30 \pm 0.15 \text{ ms}^{-1}$.

Stesen 3 dan stesen 4 pula merupakan stesen di Sungai Paya Merapuh. Sungai ini merupakan salah satu daripada sungai pembekal air di Tasik Chini. Selepas banjir, halaju arus sungai tersebut adalah rendah. Stesen 4 mempunyai purata kedalaman 0.52 ± 0.49 meter, lebar 5.40 meter dan

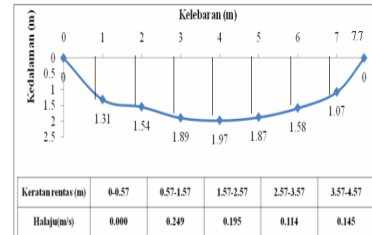
purata halaju arus $0.10 \pm 0.10 \text{ ms}^{-1}$. Stesen 5 pula mempunyai purata kedalaman 0.44 ± 0.28 meter dan lebar 7.20 meter. Halaju arusnya adalah sangat rendah iaitu $0.03 \pm 0.03 \text{ ms}^{-1}$.



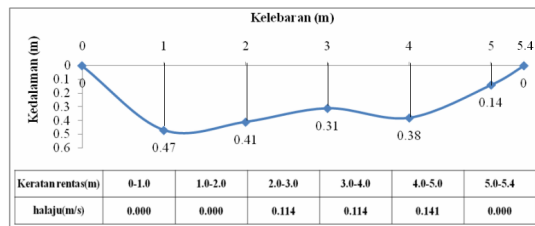
(a) Stesen 1 (hulu Sg Chini)



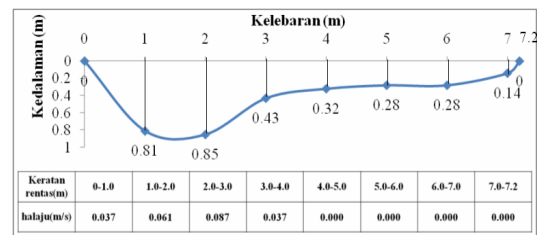
(b) Stesen 2 (tengah Sg Chini)



(c) Stesen 3 (hilir Sg Chini)



(d) Stesen 4 Sungai Paya Merapuh



(e) Stesen 5 Sungai Paya Merapuh

Rajah 5: Keratan rentas sungai selepas banjir mengikut stesen.

Jadual 4: Nilai purata halaju arus, kedalaman dan lebar sungai selepas banjir

Stesen	Purata Kedalaman (m)	Purata Halaju Arus (m/s)	Lebar Sungai (m)
1	1.92 ± 0.65	0.16 ± 0.12	10.50
2	1.54 ± 0.29	0.23 ± 0.06	11
3	1.60 ± 0.33	0.30 ± 0.15	7.70
4	0.52 ± 0.49	0.10 ± 0.10	5.40
5	0.44 ± 0.28	0.03 ± 0.03	7.20

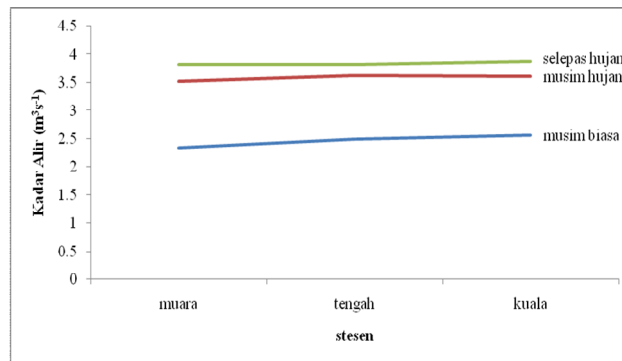
Merujuk kepada semua rajah yang menunjukkan keratan rentas kedua-dua buah sungai, didapati bahawa halaju arus yang berdekatan dinding saluran agak terencat. Keadaan ini berlaku disebabkan oleh geseran di antara aliran sungai dengan tebing (Linsley et al 1975). Secara umumnya, halaju arus bagi tengah keratan rentas adalah lebih tinggi daripada halaju arus berdekatan tebing.

d) Hasil cerapan data hidrologi

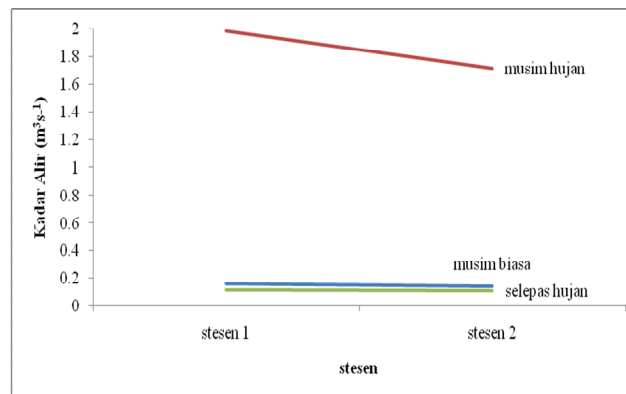
i) Kadar Alir Dan Kapasiti Air

Pengiraan telah dilakukan menggunakan data nilai halaju arus, lebar dan kedalaman sungai bagi mendapatkan nilai kadar alir dan kapasiti air yang ditakung oleh kedua-dua sungai tersebut. Kadar alir adalah jumlah air yang melepasi satu titik keratan rentas pada setiap saat (Gordon et al 2004). Nilai purata kadar alir di Sungai Chini pada musim biasa adalah $2.46 \pm 0.12 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, manakala pada musim hujan adalah $3.59 \pm 0.06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ dan selepas banjir adalah

$3.84 \pm 0.03 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Perbezaan nilai kadar alir dan purata bagi Sungai Chini mengikut musim ditunjukkan dalam Rajah 6 (a dan b).



Rajah 6(a): Nilai kadar alir Sungai Chini mengikut musim.

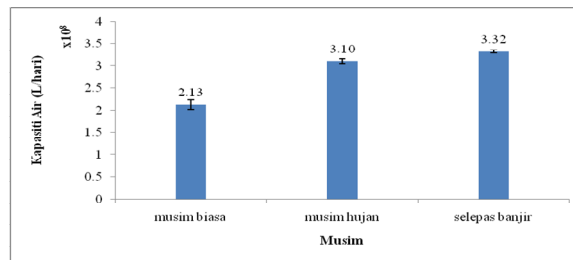


Rajah 6(b): Nilai kadar alir Sungai Paya Merapuh mengikut musim.

Daripada graf dalam Rajah 6(a), didapati nilai kadar alir Sungai Chini selepas banjir adalah paling tinggi. Ini adalah disebabkan Tasik Chini mulai surut selepas musim hujan. Sungai Chini merupakan satu-satunya sungai yang menghubungkan tasik dengan Sungai Pahang. Tasik Chini mengalir air tasik masuk ke Sungai Pahang melalui Sungai Chini. Merujuk pengiraan yang dilakukan, didapati Sungai Chini telah membekalkan sebanyak $3.32 \times 10^8 \pm 2.86 \times 10^6 \text{ L/hari}$ air ke Sungai Pahang selepas banjir.

Pada musim biasa, nilai kadar alir sungai adalah paling rendah. Ini bermaksud Sungai Chini membekalkan jumlah air yang lebih rendah ke Sungai Pahang dalam musim biasa. Ini disebabkan oleh jumlah taburan hujan yang rendah di kawasan Tasik Chini. Hujan merupakan sumber air terhadap Tasik Chini dan juga sungai-sungai pembekal. Pada musim biasa, Sungai Chini telah membekalkan sebanyak $2.13 \times 10^8 \pm 1.01 \times 10^7 \text{ L/hari}$ air ke Sungai Pahang.

Pada musim hujan, nilai kadar alir sungai menjadi tinggi. Jumlah taburan hujan yang tinggi wujud dalam musim hujan dan telah mempengaruhi kadar alir sungai ($r^2=0.9823$). Nilai kerpasan yang tinggi telah meningkatkan kapasiti air sungai. Sungai Chini telah membekalkan jumlah air $3.10 \times 10^8 \pm 5.04 \times 10^6 \text{ L/hari}$ ke dalam Sungai Pahang. Jumlah kapasiti air Sungai Chini yang dibekal ke Sungai Pahang telah ditunjukkan dalam Rajah 7.

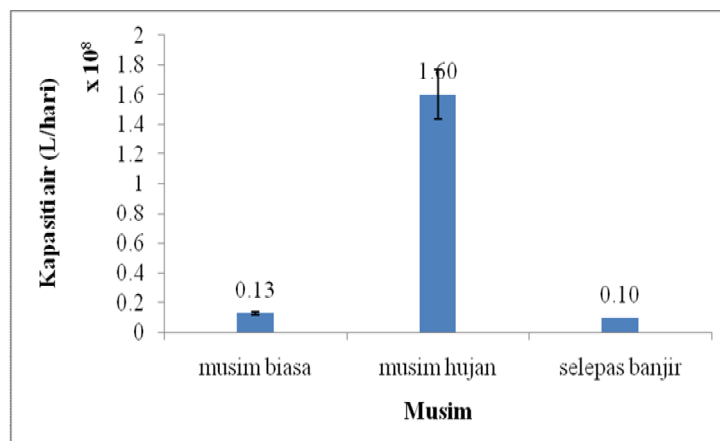


Rajah 7: Kapasiti air Sungai Chini yang mengalir ke Sungai Pahang dalam satu hari mengikut musim

Selain daripada Sungai Chini, nilai kadar alir dan kapasiti air bagi sungai pembekal aktif iaitu Sungai Paya Merapuh juga dikira. Pada musim hujan, Sungai Paya Merapuh telah mengalami banjir dan menyebabkan kadar alirnya adalah paling tinggi. Kadar alir Sungai Paya Merapuh pada musim biasa adalah $0.15 \pm 0.01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, pada musim hujan adalah $1.85 \pm 0.19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ dan selepas banjir adalah $0.12 \pm 0.0025 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Perbezaan nilai kadar alir dan purata Sungai Paya Merapuh ditunjukkan dalam Rajah 6 (b).

Merujuk kepada Rajah 4.16, didapati kadar alir pada musim hujan adalah paling tinggi. Ini disebabkan Sungai Paya Merapuh mengalami banjir pada musim hujan. Jumlah taburan hujan yang tinggi telah melebihi kapasiti air yang boleh ditakung oleh Sungai Paya Merapuh dan melimpah keluar ke kawasan bersebelahan. Berikutan itu, Sungai Paya Merapuh telah membekalkan sebanyak $1.60 \times 10^8 \pm 1.64 \times 10^7 \text{ L/hari}$ air ke dalam Tasik Chini.

Pada musim biasa, Sungai Paya Merapuh hanya membekalkan jumlah air pada kuantiti yang sederhana ke dalam Tasik Chini. Taburan hujan yang rendah telah menjejaskan kapasiti air pada musim biasa. Oleh itu, Sungai Paya Merapuh hanya membekalkan $1.29 \times 10^7 \pm 1.12 \times 10^6 \text{ L/hari}$ air ke dalam tasik pada musim itu. Selepas banjir, nilai kadar alir dan kapasiti Sungai Paya Merapuh berubah kembali ke tahap normal. Sungai Paya Merapuh telah membekalkan sebanyak $9.96 \times 10^6 \pm 2.17 \times 10^5 \text{ L/hari}$ air ke dalam tasik. Kapasiti air Sungai Paya Merapuh yang mengalir ke dalam tasik telah ditunjukkan dalam Rajah 8.

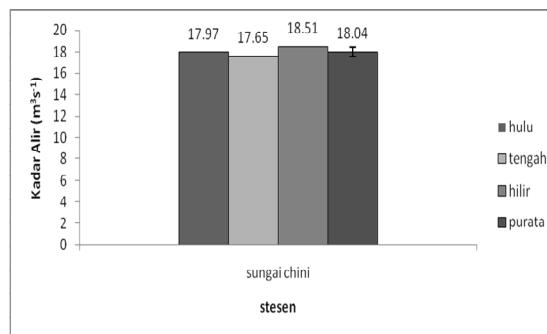


Rajah 8: Kapasiti air sungai paya merapuh mengalir ke dalam tasik dalam sehari.

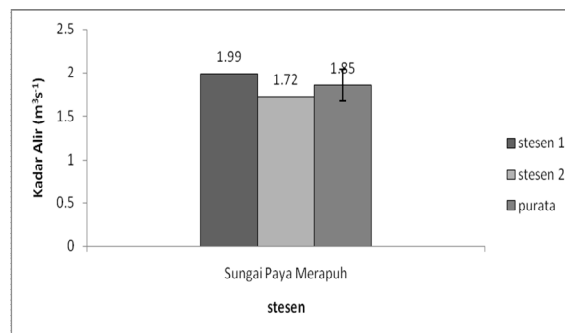
ii) Anggaran Banjir

Bagi tujuan keselamatan diri, percubaan dan pengukuran fizikal tidak dapat dilakukan semasa persampelan di Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh bagi musim banjir. Namun begitu, persamaan Manning telah digunakan untuk menganggar kadar alir dan kapasiti air Sungai Chini serta Sungai Paya Merapuh bagi musim tersebut dengan anggaran bahawa aras air meningkat sebanyak 6 meter dan 1 meter bagi Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh masing-masing semasa banjir berlaku. Nilai purata kadar alir dan purata kedua-dua sungai telah ditunjukkan dalam Rajah 9 (a dan b).

Daripada anggaran yang dilakukan, mendapati bahawa kadar alir kedua-dua sungai telah mencapai ke satu tahap yang lebih tinggi berbanding dengan musim yang lain. Purata kadar alir Sungai Chini adalah $18.04 \pm 0.43 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, manakala purata Sungai Paya Merapuh adalah $1.85 \pm 0.19 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

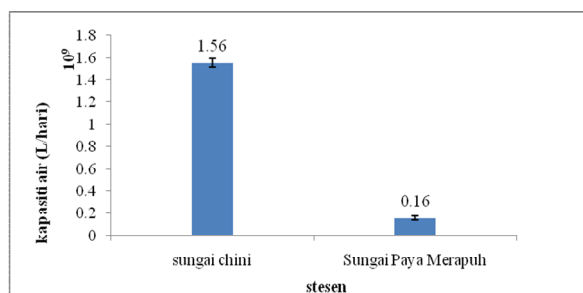


(a) Graf kadar alir Sungai Chini semasa banjir

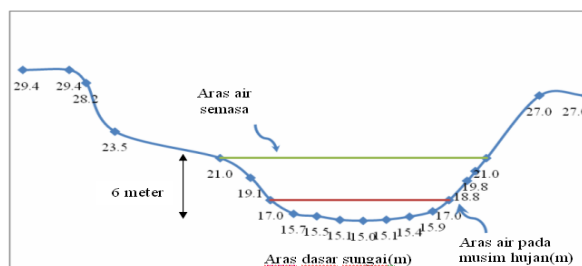


(a) Graf kadar alir Sungai Paya Merapuh semasa banjir.

Rajah 9 (a dan b) Nilai purata kadar alir dan purata Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh. Taburan hujan yang tinggi telah menyebabkan air sungai melimpah melebihi tebing dan berlakunya banjir. Kapasiti air Sungai Chini yang mengalir ke Sungai Pahang semasa banjir adalah $1.56 \times 10^9 \pm 3.7 \times 10^7 \text{ L/hari}$, manakala Sungai Paya Merapuh telah membekal sebanyak $1.6 \times 10^8 \pm 1.6 \times 10^7 \text{ L/hari}$ air ke dalam tasik dalam satu hari. Kapasiti air kedua-dua sungai itu semasa hujan telah ditunjukkan dalam Rajah 10 (a).



(a) Kapasiti air Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh dalam satu hari semasa banjir.



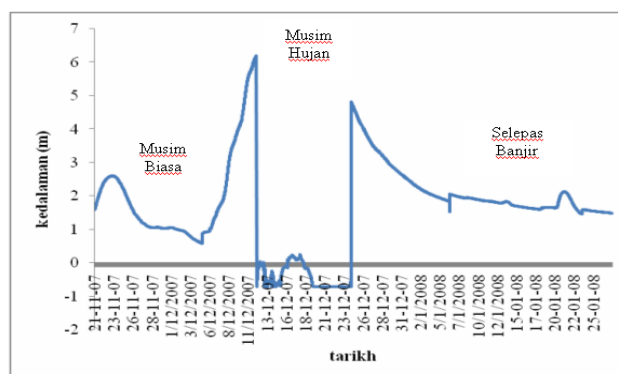
(b) Ketinggian Aras air Sungai Chini daripada aras laut pada musim hujan dn semasa banjir

Rajah 10 (a) dan (b): Kapasiti sungai kajian semasa banjir bagi Sungai Chini dan Sungai Paya Merapuh

Purata Aras laut (MSL) adalah purata ketinggian daripada laut. Aras laut min di Tasik Chini adalah 17 meter. Rajah 10 (b) menunjukkan aras dasar sungai, aras air normal dan aras air semasa banjir. Daripada anggaran yang dilakukan, kedalaman Sungai Chini adalah 6 meter dan aras dasarnya telah ditunjukkan dalam Rajah 10 (b).

iii) Magnitud dan kekerapan luahan

Data luahan Sungai Chini telah diperolehi daripada sebuah stesen menolak kedalaman sungai. Daripada data tersebut, analisis telah dilakukan untuk menentukan adaptasi Sungai Chini terhadap kejadian banjir mengikut magnitud dan kekerapan luahan pada musim biasa, musim hujan dan selepas banjir. Manitud dan kekerapan luahan telah ditunjukkan dalam Rajah 11.



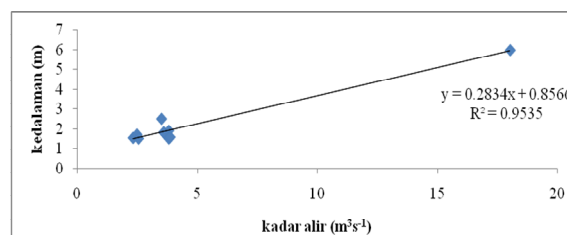
Rajah 11: Graf yang menunjukkan magnitud dan kerapan ciri luahan

Pada musim biasa, kedalaman air Sungai Chini semakin rendah. Dari kedalaman yang paling tinggi iaitu 2.6 meter menurun ke kedalaman yang paling rendah iaitu 0.6 meter sahaja. Keadaan ini berlaku kerana taburan hujan yang rendah pada musim biasa.

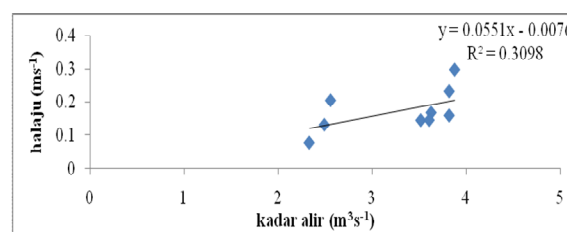
Pada musim hujan, taburan hujan yang tinggi telah menyebabkan kenaikan kedalaman sungai kepada satu tahap yang tinggi. Kedalaman sungai pada musim hujan adalah semakin tinggi sehingga melebihi kedalaman 6.02 meter. Merujuk kepada Rajah 11, didapati bahawa kedalaman sungai menjadi nilai negatif pada musim hujan. Ini berlaku disebabkan aras air telah melebihi tebing sungai dan melimpah ke kawasan bersebelahan. Stesen menolak kedalaman sungai di tepi tebing sungai terpaksa dipindah ke kawasan lain yang tidak dibanjiri oleh air sungai. Oleh itu, data-data tidak dapat diperolehi pada masa tersebut. Selepas banjir, didapati kedalaman sungai semakin berkurang dan air sungai yang melimpah ke kawasan bersebelahan mulai surut. Akhirnya aras sungai menurun ke tahap yang sederhana. Kejadian banjir yang berlaku pada musim hujan telah membawa kesan negatif terhadap populasi dan taburan organisma akuatik di Sungai Chini. (Wisler & Brater 1959).

iv) Analisis statistik (Ujian korelasi)

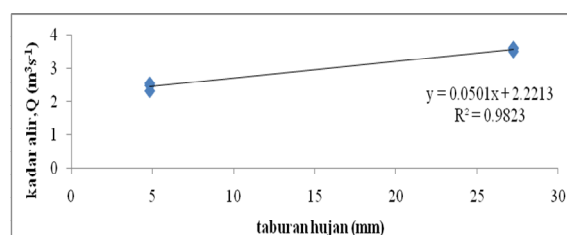
Ujian korelasi telah dilakukan bagi menentukan samada perubahan kadar alir sungai adalah dipengaruhi oleh nilai kedalaman sungai bagi setiap stesen. Keputusan adalah seperti dalam Rajah 12 Berdasarkan Rajah 12 (a), terdapat hubungan korelasi yang signifikan ($r^2=0.9535$) dan ini menunjukkan perubahan nilai kadar alir adalah dipengaruhi oleh nilai kedalaman bagi setiap stesen. Kedalaman sungai yang tinggi menyebabkan kenaikan kadar alir sungai.



(a) Graf kedalaman sungai melawan kadar alir



(b) Graf halaju arus melawan kadar alir



(c) Graf kadar alir melawan taburan hujan

Rajah 12: Graf ujian korelasi

Ujian kolerasi juga dilakukan bagi menentukan samada perubahan kadar alir adalah dipengaruhi oleh nilai halaju arus. Merujuk Rajah 12 (b), nilai halaju arus tidak menunjukkan hubungan kolerasi yang signifikan ($r^2=0.3098$) dengan kadar alir. Ini menunjukkan halaju arus tidak mempengaruhi kadar luahan secara signifikan berbanding dengan kadalaman sungai. Ujian kolerasi antara kadar alir dan taburan hujan ($r^2=0.9823$) menunjukkan perubahan nilai kadar alir adalah dipengaruhi oleh taburan hujan. Merujuk kepada Rajah 12 (c), hubungan kolerasi yang signifikan wujud di antara kadar alir dan taburan hujan. Oleh itu, taburan hujan yang tinggi pada musim hujan telah menyebabkan peningkatan nilai kadar luahan sungai.

KESIMPULAN

Merujuk kepada hasil kajian ini, peningkatan kadar luahan adalah berkadar langsung dengan jumlah hujan iaitu merupakan pembolehubah yang tidak boleh dikawal dan berlaku secara semulajadi. Sebarang perubahan kepada bentuk saluran fizikal sungai, sebagai contohnya akibat masalah sedimentasi akan menyebabkan saluran menjadi cetek sekaligus mempengaruhi ketersediaan saluran sungai tersebut untuk menampung kuantiti luahan yang tinggi. Peningkatan aras air sungai mendadak di luar kapasiti maksimum yang mampu ditampung oleh saluran sungai tersebut akan mengakibatkan banjir berlaku, sekaligus meningkatkan risiko dan impak banjir di kawasan berhampiran sungai tersebut. Sungai Paya Merapuh menerima impak yang lebih rendah dan perlahan berbanding Sungai Chini. Ini kerana kedudukan sungai tersebut adalah lebih tinggi dari aras laut manakala Sungai Chini menerima beban muatan luahan daripada kesemua sungai pembekal lain serta dari tasik semasa banjir berlaku kerana ia merupakan satu-satunya saluran sungai yang mengalirkan air keluar dari tasik menuju ke Sungai Pahang.

PENGHARGAAN

Kajian ini dijalankan di bawah penyelidikan e-Sciencefund (04-01-02-SF0220). Ucapan terima kasih kepada Pusat Penyelidikan Tasik Chini dan individu yang terlibat dalam menjayakan kajian ini.

RUJUKAN

- Bruce, J.P. & Clark, R.H. 1966. *Introduction To Hydrometeorology*. U.K. Pergamon Press Ltd.
- Chiras.2001. *Environmetal Science.: Creating A Sustainable Future*. Toronto: John & Barlet Publications.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W. 1988. *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Gordon, N.D., McMahon, T.A., Finlayson, B.L., Gippel, C.J. & Nathan, R.J. 2004. *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Shaw, E.M. 1988. *Hydrology In Practice*. Second Edition. London: Chapman and Hall Ltd.
- Simons, D.B. 1969. *Introduction To Physical Hydrology*. London: Methuen & Co Ltd.
- Wan Ruslan Ismail. 1994. *Penghantar Hidrologi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Wisler, C.O. & Brater, E.F. 1967. *Hydrology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Viessman, W. & Lewis, G.L. 1996. *Introduction to Hydrology*. Ed. Ke-4. New York: HarperCollins College Publishers.

Zachar.1982. *Soil Erosion*. New York: Elsevier Science Publishing Company.

Nor Rohaizah Jamil, Mohd Ekhwan Hj Toriman, Mushrifah Idris, Ng Lee How
Pusat Penyelidikan Tasik Chini (PPTC)
Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam
Fakulti Sains & Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor
Malaysia
Email : norrohaizahjamil@yahoo.com